

2002 P 06343



①9 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 29 317 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
H 04 L 27/26
// H04L 27/32,5/06,
H04M 11/00

377

DE 101 29 317 A 1

⑳ Aktenzeichen: 101 29 317.8
㉔ Anmeldetag: 19. 6. 2001
㉕ Offenlegungstag: 23. 1. 2003

㉚ Anmelder:
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE

㉛ Vertreter:
PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner, 80801
München

㉜ Erfinder:
Sträußnigg, Dietmar, Dr., Villach, AT

⑤⑥ **Entgegenhaltungen:**

US 53 17 596 A
EP 08 20 168 A2

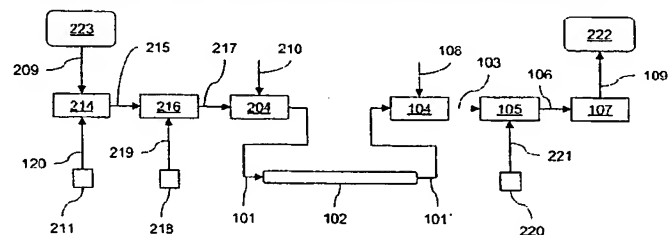
SÖDER, Günter: Optimierung und Vergleich binärer und mehrstufiger digitaler Übertragungssysteme mit und ohne quantisierte Rückkopplung, IN: Nachrichtentechnische Berichte, Bd. 5, Schriftenreihe des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik der Technischen Universität München, März 1981, S. 181-214;
GERSTACKER, Wolfgang; FISCHER, Robert F.H.; HUBER, Johannes: Blind Equalization Techniques for xDSL using Channel Coding and Precoding, IN: J.Electron.Comm. (AEÜ) 53, 1999, No.4,S.194-204;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Verfahren zum Anpassen von Filtereckfrequenzen beim Übertragen von diskreten Mehrfachtonsymbolen**

⑤⑦ Die Erfindung schafft ein Verfahren zum Anpassen von Filtereckfrequenzen (219, 221) beim Übertragen von diskreten Mehrfachtonsymbolen (208), wobei ein aus diskreten Mehrfachtonsymbolen (208) bestehender Sendesymboldatenstrom (209) an eine Interpolationseinrichtung (214) angelegt wird, der Sendesymboldatenstrom (209) mit einer Symbolrate (120) in der Interpolationseinrichtung (214) interpoliert wird, ein interpolierter Symboldatenstrom (215) in einer ersten Tiefpassfilterungseinrichtung (216) entsprechend einer von einer ersten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung (218) vorgebbaren ersten Filtereckfrequenz (219) gefiltert wird, ein nach einer Digital-Analog-Umsetzung, Übertragung und Analog-Digital-Umsetzung erhaltener digitaler Symboldatenstrom (103) empfangenseitig in einer zweiten Tiefpassfilterungseinrichtung (105) entsprechend einer von einer zweiten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung (220) vorgebbaren zweiten Filtereckfrequenz (221) gefiltert wird, um einen entzerrten Symboldatenstrom (106) bereitzustellen, der entzerrte Symboldatenstrom (106) in einer Dezimationseinrichtung (107) dezimiert wird, und der dezimierte, aus diskreten Mehrfachtonsymbolen (208) bestehende Empfangssymboldatenstrom (109) einer Mehrfachtonempfängereinrichtung (222) bereitgestellt wird.



DE 101 29 317 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Übertragen eines analogen Datenstroms, und betrifft insbesondere ein Verfahren zum Anpassen von Filtereckfrequenzen beim Übertragen von diskreten Mehrfachtonsymbolen, wobei Einschwingvorgänge verringert werden.

[0002] In herkömmlicher Weise sind Mehrfachträgersysteme, die aus einer großen Anzahl von orthogonalen quadraturamplitudenmodulierten (QAM-)Trägern bestehen, für die Übertragung von analogen Datenströmen bereitgestellt. Derartige Übertragungssysteme und -verfahren sind beispielsweise in "J. Bingham, Multicarrier modulation for data transmission: an idea whose time has come, IEEE Commun. Mag., Vol. 28, May 1990, pp. 5-14" beschrieben. Bei einer diskreten Mehrfachtonmodulation (DMT) wird üblicherweise ein Zeitbereichsentzerrer verwendet, um die Länge des Kanals auf weniger als die Länge eines zyklischen Präfix (untenstehend detailliert beschrieben) zu beschränken. In herkömmlicher Weise wird für eine asymmetrische Datenstromübertragung über gewöhnliche Telefonleitungen ein Mehrfachton-Verfahren (DMT, Discrete Multitone, diskrete Multitonmodulation) eingesetzt, wobei gewöhnliche Telefonleitungen üblicherweise als asymmetrische digitale Teilnehmerleitungen (ADSL = Asymmetric Digital Subscriber Line) ausgebildet sind.

[0003] Digitale Hochgeschwindigkeits-Teilnehmerleitungen nach dem Stand der Technik sind siehe beispielsweise in der Publikation "High-speed digital subscriber lines, IEEE Journal Sel. Ar. In Comm., Vol. 9, No. 6, August 1991" beschrieben. Unter den Übertragungsverfahren mit einer hohen Datenrate auf der Basis von digitalen Teilnehmerleitungen (DSL = Digital Subscriber Line) sind mehrere VDSL (Very High Data Rate DSL = hochdatenratige DSL)-Anordnungen bekannt, wobei hierfür z. B. Verfahren wie CAP (Carrierless Amplitude/Phase), DWMT (Discrete Wavelet Multitone), SLC (Single Line Code) und DMT (Discrete Multitone) einsetzbar sind. Bei dem DMT-Verfahren wird das Sendesignal aus mehrfachen sinusförmigen bzw. kosinusförmigen Signalen bereitgestellt, wobei jedes einzelne sinusförmige bzw. kosinusförmige Signal sowohl in der Amplitude als auch in der Phase modulierbar ist. Die somit erhaltenen mehrfachen modulierten Signalen werden als quadraturamplitudenmodulierte Signale (QAM = Quadrature Amplitude Modulation) bereitgestellt.

[0004] Fig. 4 zeigt eine herkömmliche Anordnung zur Übertragung von diskreten Mehrfachtonsymbolen (DMT) von einer Mehrfachtonsendereinrichtung 223 zu einer Mehrfachtonempfängereinrichtung 222. In dem gezeigten Verfahren nach dem Stand der Technik wird ein Datenstrom, der aus Mehrfachtonsymbolen besteht, von der Mehrfachtonsendereinrichtung 223 zu einer Interpolationseinrichtung 214 eingegeben. Der durch die Interpolationseinrichtung 214 interpolierte Datenstrom wird anschließend einem ersten Tiefpassfilter 401 zugeführt, welches eine feste Eckfrequenz aufweist und eine Filterung des interpolierten Symboldatenstroms bereitstellt.

[0005] In einem anschließenden Digital-Analog-Umsetzer 204 wird der gefilterte digitale Datenstrom in einen analogen Datenstrom umgesetzt und über einen Übertragungskanal 102 übertragen. Der übertragene analoge Datenstrom wird in einem Analog-Digital-Umsetzer 104 in einen digitalen Datenstrom zurückumgesetzt und einem zweiten festen Tiefpassfilter 402 zugeführt, welches eine zweite feste Eckfrequenz aufweist.

[0006] Der gefilterte, digitale übertragene Datenstrom wird schließlich einer Dezimationseinrichtung 107 zugeführt, in welcher der digitale Datenstrom dezimiert wird.

Der dezimierte Datenstrom wird als ein Empfangssymboldatenstrom an die Mehrfachtonempfängereinrichtung 222 weitergegeben, in welcher eine Weiterverarbeitung des Empfangssymboldatenstroms durchgeführt wird.

[0007] Ein wesentlicher Nachteil einer Datenübertragung nach dem DMT-Verfahren über Leitungen, beispielsweise verdrehte Kupferdrahtleitungen, besteht darin, dass lange Einschwingvorgänge auftreten, die eine übertragbare Bandbreite begrenzen.

[0008] Es ist weiter unzuweckmäßig, dass feste Tiefpassfilter eingesetzt werden, um den zu übertragenden analogen Datenstrom in seiner Bandbreite zu begrenzen und um ein Außerbandrauschen bei Analog-Digital- und Digital-Analog-Umsetzern zu begrenzen, welche beispielsweise als Sigma-Delta-Wandler ausgebildet sein können.

[0009] Insbesondere ist es nachteilig, dass bei einer Anregung von Tiefpässen mit DMT-Signalen Einschwingvorgänge auftreten können, welche in einem Frequenzbereich beträchtliche spektrale Anteile oberhalb des vorgesehenen Übertragungsbandes aufweisen.

[0010] Ein weiterer Nachteil herkömmlicher Verfahren und Schaltungsanordnungen zur Übertragung von analogen Datenströmen, welche Mehrfachtonsignale aufweisen, besteht darin, dass sich Faltprodukte im Übertragungssignalband ergeben, welche von einer Mehrfachtonempfängereinrichtung nicht eliminiert werden können.

[0011] Es ist weiterhin unzuweckmäßig, dass diese Faltprodukte als Störsignale im Übertragungssignalband enthalten sind, wodurch eine Übertragungsgüte verschlechtert und eine Bandbreite begrenzt wird.

[0012] Es ist somit eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zur Übertragung von analogen Datenströmen bereitzustellen, bei welchem Einschwingvorgänge verringert werden.

[0013] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das im Patentanspruch 1 angegebene Verfahren sowie durch eine Schaltungsanordnung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 10 gelöst.

[0014] Weitere Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0015] Ein wesentlicher Gedanke der Erfindung besteht darin, ein Tiefpassfilter eines interpolierten Symboldatenstroms in einer ersten Tiefpassfilterungseinrichtung entsprechend einer von einer ersten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung variabel vorgebbaren ersten Filtereckfrequenz und einen empfangenen digitalen Symboldatenstrom in einer zweiten Tiefpassfilterungseinrichtung entsprechend einer von einer zweiten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung variabel vorgebbaren zweiten Filtereckfrequenz zu filtern.

[0016] Es ist somit ein Vorteil der vorliegenden Erfindung, dass Einschwingvorgänge bei einer Übertragung von analogen Datenströmen, welche aus Mehrfachtonsymbolen aufgebaut sind, verringert werden können.

[0017] Vorteilhaft ist es weiterhin, dass eine Tiefpassfilterung variabel entsprechend einer Auslegung eines DMT-Übertragungssystems bereitgestellt wird.

[0018] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Anpassen von Filtereckfrequenzen beim Übertragen von diskreten Mehrfachtonsymbolen weist im Wesentlichen die folgenden Schritte auf:

- a) Anlegen eines aus diskreten Mehrfachtonsymbolen bestehenden Sendesymboldatenstroms, der von einer Mehrfachtonsendereinrichtung bereitgestellt wird, an eine Interpolationseinrichtung, welche mit einer Symbolrate beaufschlagt ist;
- b) Interpolieren des Symboldatenstroms mit der Sym-

bolrate in der Interpolationseinrichtung, um einen interpolierten Symboldatenstrom bereitzustellen;

c) Tiefpassfiltern des interpolierten Symboldatenstroms in einer ersten Tiefpassfilterungseinrichtung entsprechend einer von einer ersten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung variabel bzw. adaptiv vorgebbaren ersten Filtereckfrequenz, um einen gefilterten Symboldatenstrom bereitzustellen;

d) Umsetzen des gefilterten Symboldatenstroms in einen analogen Datenstrom in einem Digital-Analog-Umsetzer, um einen analogen Datenstrom über eine Übertragung über einen Übertragungskanal bereitzustellen;

e) Übertragen des analogen Datenstroms über den Übertragungskanal;

f) Umsetzen des übertragenen analogen Datenstroms in einen digitalen Symboldatenstrom in einem Analog-Digital-Umsetzer;

g) Tiefpassfiltern des digitalen Symboldatenstroms in einer zweiten Tiefpassfilterungseinrichtung entsprechend einer von einer zweiten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung variabel bzw. adaptiv vorgebbaren zweiten Filtereckfrequenz, um einen entzerrten Symboldatenstrom bereitzustellen;

h) Dezimieren des entzerrten Symboldatenstroms in einer Dezimationseinrichtung, um einen dezimierten, aus diskreten Mehrfachonsymbolen bestehenden Empfangssymboldatenstrom bereitzustellen; und

i) Abgeben des Empfangssymboldatenstroms an eine Mehrfachonempfängereinrichtung, in welcher der Empfangsdatenstrom analysiert bzw. weiterverarbeitet wird.

[0019] In den Unteransprüchen finden sich vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des jeweiligen Gegenstandes der Erfindung.

[0020] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird bei einem Tiefpassfiltern des interpolierten Symboldatenstroms in der ersten Tiefpassfilterungseinrichtung die von der ersten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung vorgebbare erste Filtereckfrequenz variabel eingestellt.

[0021] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird bei einem Tiefpassfiltern des interpolierten Symboldatenstroms in der ersten Tiefpassfilterungseinrichtung die von der ersten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung vorgebbare erste Filtereckfrequenz entsprechend dem zu übertragenden Mehrfachon-symbol adaptiv eingestellt.

[0022] Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird bei einem Tiefpassfiltern des digitalen Symboldatenstroms, welcher von dem Analog-Digital-Umsetzer erhalten wird, in der zweiten Tiefpassfilterungseinrichtung die von der zweiten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung vorgebbare zweite Filtereckfrequenz variabel eingestellt.

[0023] Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird bei einem Tiefpassfiltern des digitalen Symboldatenstroms, der von dem Analog-Digital-Umsetzer erhalten wird, in der zweiten Tiefpassfilterungseinrichtung die von der zweiten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung vorgebbare zweite Filtereckfrequenz adaptiv eingestellt.

[0024] Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird bei einem Umsetzen des gefilterten Symboldatenstroms in den analogen Datenstrom in dem Digital-Analog-Umsetzer der gefilterte Symboldatenstrom mit einer Abtastrate überabgetastet.

[0025] Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird bei einem Umsetzen des übertragenen analogen Datenstroms in den digitalen Datenstrom in dem Analog-Digital-Umsetzer der übertragene analoge Datenstrom mit einer Abtastrate überabgetastet.

[0026] Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird die erste Filtereckfrequenz der ersten Tiefpassfilterungseinrichtung durch die erste Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung während des zyklischen Präfix verändert.

[0027] Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird die zweite Filtereckfrequenz der zweiten Tiefpassfilterungseinrichtung während des zyklischen Präfix eines DMT-Symbols verändert.

[0028] Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zur Anpassung von Filtereckfrequenzen beim Übertragen von diskreten Mehrfachonsymbolen weist weiterhin auf:

a) eine Mehrfachonsendereinrichtung zur Bereitstellung eines aus diskreten Mehrfachonsymbolen bestehenden Sendesymboldatenstroms;

b) eine Interpolationseinrichtung zur Interpolation des aus diskreten Mehrfachonsymbolen bestehenden Sendesymboldatenstroms, um einen interpolierten Symboldatenstrom bereitzustellen;

c) eine erste Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung zur Bereitstellung einer ersten Filtereckfrequenz, welche variabel oder adaptiv vorgebar ist;

d) eine erste Tiefpassfilterungseinrichtung zur Tiefpassfilterung des interpolierten Symboldatenstroms entsprechend der von der ersten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung vorgegebenen ersten Filtereckfrequenz, um einen gefilterten Symboldatenstrom bereitzustellen;

e) einen Digital-Analog-Umsetzer zur Umsetzung des gefilterten Symboldatenstroms in einen analogen Datenstrom;

f) einen Übertragungskanal zur Übertragung des analogen Datenstroms;

g) einen Analog-Digital-Umsetzer zur Umsetzung des übertragenen analogen Datenstroms in einen digitalen Symboldatenstrom, wobei der Analog-Digital-Umsetzer bei einer vorgebbaren Abtastrate arbeitet;

h) eine zweite Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung zur Bereitstellung einer zweiten Filtereckfrequenz für eine zweite Tiefpassfilterungseinrichtung;

i) eine zweite Tiefpassfilterungseinrichtung zur Tiefpassfilterung des digitalen Symboldatenstroms entsprechend einer von der zweiten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung vorgegebenen zweiten Filtereckfrequenz, um einen entzerrten Symboldatenstrom bereitzustellen;

j) eine Dezimationseinrichtung zur Dezimierung des entzerrten Symboldatenstroms, um einen dezimierten, aus diskreten Mehrfachonsymbolen bestehenden Empfangssymboldatenstrom bereitzustellen; und

k) eine Mehrfachonempfängereinrichtung zur Weiterverarbeitung des Empfangssymboldatenstroms.

[0029] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

[0030] Fig. 1 eine Schaltungsanordnung zum Übertragen von Daten mittels des Mehrfachonverfahrens von einer Mehrfachonsendereinrichtung zu einer Mehrfachonempfängereinrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0031] Fig. 2a ein Blockbild einer DMT-Übertragungs-

strecke mit Datenstromsender, Übertragungskanal und Datenstromempfänger;

[0032] Fig. 2b den Aufbau eines diskreten Mehrfachtonsymbols mit vorangestelltem zyklischen Präfix;

[0033] Fig. 3 die in Fig. 2a veranschaulichte Übertragungsanordnung zum Übertragen des analogen Datenstroms in größerem Detail als eine Gesamtstrecke; und

[0034] Fig. 4 eine Schaltungsanordnung eines herkömmlichen Mehrfachtonübertragungssystems mit einem ersten festen Tiefpassfilter und einem zweiten festen Tiefpassfilter. [0035] In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Komponenten oder Schritte. [0036] Fig. 2a zeigt ein prinzipielles Blockbild einer Anordnung zum Übertragen eines analogen Datenstroms nach dem DMT-Verfahren, wobei der Datenstromsender 210, der Übertragungskanal 102 und der Datenstromempfänger 211 veranschaulicht sind.

[0037] Datenstromsender 210 und Datenstromempfänger 211 bestehen aus getrennt identifizierbaren Blöcken, welche im Folgenden kurz beschrieben werden. Eine Dateneingabeeinrichtung 201 dient zur Eingabe von zu übertragenden Daten, wobei die eingegebenen Daten an eine Kodierungseinrichtung 202 weitergegeben werden. In der Kodierungseinrichtung 202 wird der Datenstrom entsprechend einem herkömmlichen Verfahren dekodiert und einer Rücktransformationseinrichtung 203 zugeführt.

[0038] Die Rücktransformationseinrichtung 203 stellt eine Transformation von den im Frequenzbereich vorliegenden Daten in Daten bereit, die im Zeitbereich vorliegen. Die Rücktransformationseinrichtung 203 kann beispielsweise durch eine Einrichtung bereitgestellt werden, in welcher eine inverse schnelle Fourier-Transformation (IFFT = Inverse Fast Fourier Transformation) durchgeführt wird.

[0039] Es sei darauf hingewiesen, dass die in der Rücktransformationseinrichtung 203 durchgeführte Transformation von dem Frequenzbereich in den Zeitbereich eine zu derjenigen Transformation inverse Transformation darstellt, welche die Transformationseinrichtung 110 ausführt.

[0040] Schließlich erfolgt eine Umsetzung des von der Rücktransformationseinrichtung 203 ausgegebenen digitalen Datenstroms in einen analogen Datenstrom mittels eines Digital-Analog-Umsetzers 204. Der nunmehr im Zeitbereich vorliegende, analoge Datenstrom wird einem Übertragungskanal 102 zugeführt, welcher die oben beschriebene Datenübertragung bereitstellt, wobei bei einer Übertragung eine Bandpass-, Hochpass- und/oder Tiefpass-Filterung sowie eine Beaufschlagung des analogen Datenstroms 101 mit Rauschen vorhanden sein kann. Der analoge Datenstrom 101 wird weiter dem in dem Datenstromempfänger 211 angeordneten Analog-Digital-Umsetzer 104 zugeführt, welcher den empfangenen analogen Datenstrom 101 in einen digitalen Datenstrom 103 umsetzt, wobei der umgesetzte digitale Datenstrom 103 der Transformationseinrichtung 110 zugeführt wird.

[0041] Nach einer zu der in der Rücktransformationseinrichtung 203 inversen Transformation von dem Frequenzbereich in den Zeitbereich erfolgt nach einem Durchlaufen des transformierten Datenstroms durch eine Korrekturereinrichtung (nicht gezeigt) und eine Bestimmungseinrichtung (nicht gezeigt) eine Dekodierung in der Dekodierungseinrichtung 117. Der dekodierte Datenstrom wird schließlich über die Datenausgabereinrichtung 119 ausgegeben.

[0042] In Fig. 2b ist ein Schema eines diskreten Mehrfachtonsymbols gezeigt, wobei der zu übertragende analoge Datenstrom als eine Sequenz von Mehrfachtonsymbolen bereitgestellt wird. Vor einer Weitergabe der in der Transformationseinrichtung 203 transformierten Daten an den Digital-Analog-Umsetzer 204 werden die letzten M Abtastwerte

eines Mehrfachtonsymbols an den Blockanfang nochmals angehängt, wodurch ein zyklischer Präfix definiert ist und wobei gilt:

$$M < N$$

[0043] Auf diese Weise kann einem Datenstromempfänger ein periodisches Signal vorgetäuscht werden, wenn der durch den Übertragungskanal verursachte Einschwingvorgang nach M Abtastwerten abgeklungen ist, d. h., es tritt keine Intersymbolinterferenz (ISI) auf.

[0044] Wie in Fig. 2b gezeigt, weist das ursprüngliche Mehrfachtonsymbol eine Länge von N Abtastwerten, beispielsweise N = 64 auf, während beispielsweise die letzten vier Werte als ein zyklischer Präfix 212 an den DMT-Symbolanfang 205 gesetzt werden, wobei gilt:

$$M = 4.$$

[0045] Die Gesamtlänge eines Mehrfachtonsymbols 208 beträgt nun mit den an den Symbolanfang 205 angehängten DMT-Symbolendwerten 213 M + N von dem Präfixanfang 207 bis zu dem DMT-Symbolende 206.

[0046] Es sei darauf hingewiesen, dass die Anzahl der zyklisch den Symbolanfang 205 angehängten DMT-Symbolendwerte 213 möglichst gering gehalten werden muss, d. h. $M \ll N$, um eine möglichst geringe Reduzierung der Übertragungskapazität und -güte zu erhalten.

[0047] In einem weiteren Beispiel besteht ein Mehrfachtonsymbol 208 aus 256 komplexen Zahlen, was bedeutet, dass 512 Zeitproben (Real- und Imaginärteil) als ein periodisches Signal übertragen werden müssen. In diesem Beispiel berechnet sich, wenn eine Anzahl von 32 DMT-Symbolendwerten 213 als zyklischer Präfix 212 an den Symbolanfang kopiert werden, eine Gesamtlänge der zu übertragenden Zeitprobe zu 544, was bei einer maximalen Tonfrequenz eines DMT-Signals von 2,208 MHz eine Abtastdauer T_A von $544 \times 10^{-6} / 2,208 \text{ sec}$ bzw. 0,25 ms ergibt, wobei sich die Symbolübertragungsfrequenz aus $f_{DMT} = 1/T_A \approx 4 \text{ kHz}$ berechnet.

[0048] In Fig. 3 ist ein Verfahren zum Übertragen eines analogen Datenstroms und eine Schaltungsanordnung in detaillierter Darstellung gezeigt.

[0049] Der der Dateneingabeeinrichtung 201 zugeführte Datenstrom wird in Blöcke zusammengefasst, wobei je nach Stufigkeit eine bestimmte Anzahl von zu übertragenden Bits einer komplexen Zahl zugeordnet wird. In der Kodierungseinrichtung 202 erfolgt schließlich eine Kodierung entsprechend der gewählten Stufigkeit, wobei der kodierte Datenstrom schließlich der Rücktransformationseinrichtung 203 zugeführt wird.

[0050] Ein von der Rücktransformationseinrichtung 203 bereitgestelltes Mehrfachtonsignal 303 bildet schließlich einen digitalen senderdatenstrom, der vom Frequenzbereich in den Zeitbereich transformiert worden ist. Das als digitaler Datenstrom ausgebildete Mehrfachtonsignal 303 wird schließlich in dem Digital-Analog-Umsetzer 204 in einen analogen Datenstrom umgesetzt und einer Leitungstreibereinrichtung 304 zugeführt.

[0051] Die Leitungstreibereinrichtung 304 verstärkt bzw. treibt den zu übertragenden analogen Datenstrom 101 in einen Übertragungskanal 102, dessen Kanalübertragungsfunktion prinzipiell bekannt bzw. messbar ist. Im Übertragungskanal findet weiterhin eine Überlagerung des analogen Datenstroms mit Rauschen statt, was in Fig. 3 durch eine Überlagerungseinrichtung 121 dargestellt ist. Der Überlagerungseinrichtung 121 wird der von dem Übertragungskanal übertragene analoge Datenstrom und ein Rauschsignal 122 zugeführt, so dass schließlich ein mit Rauschen überlagerter analoger Datenstrom 101 erhalten wird.

[0052] Der analoge Datenstrom 101 wird einer Vorverarbeitungsseinrichtung 301 zugeführt, die erfindungsgemäß

den in Fig. 1 gezeigten Analog-Digital-Umsetzer 104, die zweite Tiefpassfilterungseinrichtung 105 und die Dezimationseinrichtung 107 in der in Fig. 1 gezeigten Reihenfolge enthält.

[0053] Ein von der Vorverarbeitungseinrichtung 301 ausgegebener vorverarbeiteter digitaler Datenstrom 302 wird schließlich den Schaltungseinheiten des Datenstromempfängers zugeführt. Der übertragene analoge Datenstrom 101', welcher über einen Übertragungskanal 102, der mit Rauschen behaftet sein kann, übertragen worden ist, wird einem Analog-Digital-Umsetzer 104 zugeführt, welcher den analogen Datenstrom 101 mit einer Abtastrate 108 abtastet, wobei eine äquidistante Abtastung des übertragenen analogen Datenstroms 101' bereitgestellt wird. Durch den Analog-Digital-Umsetzer 104 wird der übertragene analoge Datenstrom 101' in einen digitalen Symboldatenstrom 103 umgesetzt, welcher wiederum einer zweiten Tiefpassfilterungseinrichtung 105 zugeführt wird.

[0054] Die Transformationseinrichtung 110 stellt eine Transformation des dezimierten entzerrten digitalen Datenstroms 109 in Transformationssignale 111a-111n bereit, wobei n die maximale Anzahl, in diesem Beispiel 256, der in Betrag und Phase definierten Kosinus- bzw. Sinussignale darstellt. Es sei darauf hingewiesen, dass die Transformationseinrichtung 110 eine digitale Transformation von einem Signal, das im Zeitbereich digital vorliegt, in ein Signal, das im Frequenzbereich digital vorliegt, vornimmt.

[0055] Die Transformationssignale 111a-111n entsprechen beispielsweise komplexen Zahlen für jeden der Mehrfachtöne, wobei eine Auswertung in Betrag und Phase bzw. in Realteil und Imaginärteil bereitgestellt wird. Weiterhin können die komplexen Zahlen als Amplituden von innerhalb eines Blocks auszusendenden Kosinus-(Realteil) und Sinusschwingungen (Imaginärteil) bereitgestellt werden, wobei die Frequenzen äquidistant gemäß der oben angegebenen Gleichung verteilt bereitgestellt sind, wobei die zu übertragenden Daten in Blöcken zusammengefasst sind.

[0056] Es sei darauf hingewiesen, dass mehr oder weniger als 256 unterschiedliche Töne als in Betrag und Phase definierte und modulierbare Kosinus- bzw. Sinussignale übertragbar sind, wobei sich eine entsprechend unterschiedliche Anzahl von Transformationssignalen 111a-111n ergibt. Hierbei wird das erste Transformationssignal als 111a und das letzte Transformationssignal als 111n bezeichnet. Vorzugsweise führt die Transformationseinrichtung 110 eine schnelle Fourier-Transformation (FFT = Fast Fourier Transformation) durch, um eine schnelle Transformation von dem Zeitbereich in den Frequenzbereich bereitzustellen.

[0057] In einer Korrektureinrichtung 112 werden die Transformationssignale 111a-111n mit einer bekannten Korrekturfunktion gewichtet, die der Korrektureinrichtung 112 vorgegeben wird. Vorzugsweise, aber nicht ausschließlich, ist diese Korrekturfunktion, die der Korrektureinrichtung 112 vorgegeben wird, eine Inverse der Kanalübertragungsfunktion des Übertragungskanals. Auf diese Weise können Einflüsse des Übertragungskanals hinsichtlich Frequenzgang, Phase etc. kompensiert werden, so dass korrigierte Transformationssignale 113a-113n an dem Ausgang der Korrektureinrichtung 112 erhalten werden. Die korrigierten Transformationssignale 113a-113n werden anschließend einer Bestimmungseinrichtung 116 zugeführt, in welcher mindestens ein Betragssignal 114 und mindestens ein Phasensignal 115, bzw. ein Realteil und ein Imaginärteil eines korrigierten Transformationssignal bestimmt wird.

[0058] Die in der Bestimmungseinrichtung bestimmten Betragssignale 114 und Phasensignale 115 werden anschließend dekodiert, indem die Betragssignale 114 und die Phasensignale 115 einer Dekodierungseinrichtung 117 zuge-

führt werden.

[0059] In der Dekodierungseinrichtung 117 wird eine Dekodierung entsprechend einer in dem Datenstromsender 225 (unten beschrieben) durchgeführten Kodierung des Datenstroms bereitgestellt. Somit gibt die Dekodierungseinrichtung 117 einen dekodierten Datenstrom 118 aus, welcher schließlich einer Datenausgabereinrichtung 119 zugeführt wird, und von dort ausgegeben und weiterverarbeitet werden kann.

[0060] Fig. 1 zeigt eine Schaltungsanordnung zur Übertragung eines analogen Datenstroms, bei der Filtereckfrequenzen 219 bzw. 221 bei einer Übertragung von diskreten Mehrfachtönsymbolen 208 angepasst werden, wodurch Einschwingvorgänge verringert werden.

[0061] Von einer Mehrfachtönsendereinrichtung 223 wird einer Interpolationseinrichtung 214 ein Sendesymboldatenstrom 209 zugeführt. Die Interpolationseinrichtung 214 arbeitet mit einer durch eine Symbolratenverzugsungseinrichtung 211 erzeugten Symbolrate 120, wobei der Sendesymboldatenstrom 209 mit der Symbolrate 120 interpoliert wird, um einen interpolierten Symboldatenstrom 215 am Ausgang der Interpolationseinrichtung 214 bereitzustellen. Der interpolierte Symboldatenstrom 215 wird einer ersten Tiefpassfilterungseinrichtung 216 zugeführt, wobei der ersten Tiefpassfilterungseinrichtung 216 eine erste Filtereckfrequenz 219 durch eine erste Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung 218 vorgegeben wird.

[0062] In dem gezeigten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist die erste Filtereckfrequenz 219 der ersten Tiefpassfilterungseinrichtung 216 während eines zyklischen Präfix 212 eines DMT-Symbols 208 unprogrammierbar, d. h. von höheren ersten Filtereckfrequenzen zu einer eigentlichen Bandgrenze, um erfindungsgemäß Einschwingvorgänge zu verringern.

[0063] Weiterhin kann die erste Tiefpassfilterungseinrichtung 216 als eine adaptive Filterungseinrichtung bereitgestellt werden. Eine entsprechende Überabtastung kann einen Einschwingvorgang weiter verringern. Der von der ersten Tiefpassfilterungseinrichtung 216 ausgegebene gefilterte Symboldatenstrom 217 wird einem Digital-Analog-Umsetzer 204 zugeführt, welcher mit einer ersten Abtastrate 210 arbeitet. Der von dem Digital-Analog-Umsetzer 204 in einen analogen Datenstrom umgesetzte gefilterte Symboldatenstrom wird einem Übertragungskanal 102 zugeführt, über welchen der analoge Datenstrom 101 übertragen wird. Der am Ausgang des Übertragungskanals 102 bereitgestellte übertragene analoge Datenstrom 101' wird einem Analog-Digital-Umsetzer 104 zugeführt, welcher mit einer zweiten Abtastrate 108 arbeitet. In dem Analog-Digital-Umsetzer 104 erfolgt eine Umsetzung des übertragenen analogen Datenstroms 101' in einen digitalen Symboldatenstrom, welcher anschließend einer zweiten Tiefpassfilterungseinrichtung 105 zugeführt wird.

[0064] Erfindungsgemäß ist eine zweite Filtereckfrequenz der zweiten Tiefpassfilterungseinrichtung variabel einstellbar. Insbesondere wird die zweite Filtereckfrequenz 221 über eine zweite Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung 220 bereitgestellt und der zweiten Tiefpassfilterungseinrichtung 105 zugeführt. Erfindungsgemäß wird die zweite Filtereckfrequenz 221 der zweiten Tiefpassfilterungseinrichtung 105 während des zyklischen Präfix 212 unprogrammierbar, d. h. von höheren zweiten Filtereckfrequenzen 221 bis zur eigentlichen Bandgrenze variiert, um Einschwingvorgänge zu verringern.

[0065] Weiterhin ist es möglich, dass die zweite Tiefpassfilterungseinrichtung 105 als ein adaptives Filter ausgebildet ist, wodurch eine adaptive Filterung erreicht wird. Durch eine entsprechende Überabtastung im Dezimationspfad

kann der Einschwingvorgang weiter minimiert werden. Ein von der zweiten Tiefpassfilterungseinrichtung 105 ausgegebener entzerrter Symboldatenstrom 106 wird einer Dezimationseinrichtung 107 zugeführt, welche aus dem entzerrten Symboldatenstrom 106 einen dezimierten aus diskreten Mehrfachtonsymbolen 208 bestehenden Empfangssymboldatenstrom 109 erzeugt.

[0066] Der erzeugte Empfangssymboldatenstrom 109 wird einer Mehrfachtonempfängereinrichtung 222 zugeführt, in welcher eine Analyse bzw. eine Weiterverarbeitung des Empfangssymboldatenstroms 109 durchgeführt wird.

[0067] Die in Fig. 1 gezeigten Tiefpassfilterungseinrichtungen 216 bzw. 105 können als adaptive Filterungseinrichtungen derart ausgebildet sein, dass eine Filterung von einer hohen Filtereckfrequenz beginnend zu einer niedrigeren Filtereckfrequenz bereitgestellt wird.

[0068] In vorteilhafter Weise sind die ersten und zweiten Tiefpassfilterungseinrichtungen 216 bzw. 105 derart ausgelegt, dass die Tiefpassfilterungseinrichtungen schnell einschwingen. Die erste Tiefpassfilterungseinrichtung 216 kann weiterhin als eine in der ersten Filtereckfrequenz 219 unprogrammierte erste Filterungseinrichtung ausgebildet sein, während die zweite Tiefpassfilterungseinrichtung 105 als eine in der zweiten Filtereckfrequenz 221 umprogrammierbare zweite Filterungseinrichtung ausgebildet sein kann.

[0069] Bezüglich der in Fig. 4 gezeigten, herkömmlichen Schaltungsanordnung zur Übertragung von diskreten Mehrfachtonsymbolen wird auf die Beschreibungseinleitung verwiesen.

[0070] Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Weise modifizierbar.

Bezugszeichenliste

In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Komponenten oder Schritte.

- 101 Analoger Datenstrom
- 101' Übertragener analoger Datenstrom
- 102 Übertragungskanal
- 103 Digitaler Symboldatenstrom
- 104 Analog-Digital-Umsetzer
- 105 Zweite Tiefpassfilterungseinrichtung
- 106 Entzerrter Symboldatenstrom
- 107 Dezimationseinrichtung
- 108 Zweite Abtastrate
- 109 Empfangssymboldatenstrom
- 110 Transformationseinrichtung
- 111a-111n Transformationssignale
- 112 Korrektoreinrichtung
- 113a-113n Korrigierte Transformationssignale
- 114 Betragssignal
- 115 Phasensignal
- 116 Bestimmungseinrichtung
- 117 Dekodierungseinrichtung
- 118 Dekodierter Datenstrom
- 119 Datenausgabereinrichtung
- 120 Symbolrate
- 121 Überlagerungseinrichtung
- 122 Rauschsignal
- 201 Dateneingabeeinrichtung
- 202 Kodierungseinrichtung
- 203 Transformationseinrichtung
- 204 Digital-Analog-Umsetzer
- 205 DMT-Symbolanfang
- 206 DMT-Symbolende

- 207 Präfixanfang
- 208 Diskretes Mehrfachtonsymbol ("discrete multi tone", DMT-Symbol)
- 209 Sendesymboldatenstrom
- 210 Erste Abtastrate
- 211 Symbolratenerzeugungseinrichtung
- 212 Zyklischer Präfix
- 213 DMT-Symbolendwerte
- 214 Interpolationseinrichtung
- 215 Interpolierter Symboldatenstrom
- 216 Erste Tiefpassfilterungseinrichtung
- 217 Gefilterter Symboldatenstrom
- 218 Erste Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung
- 219 Erste Filtereckfrequenz
- 220 Zweite Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung
- 221 Zweite Filtereckfrequenz
- 222 Mehrfachtonempfängereinrichtung
- 223 Mehrfachtonsendereinrichtung
- 224 Datenstromempfänger
- 225 Datenstromsender
- 301 Vorverarbeitungseinrichtung
- 302 Vorverarbeiteter digitaler Datenstrom
- 303 Mehrfachtonsignal
- 304 Leitungstreibereinrichtung
- 401 Erstes festes Tiefpassfilter
- 402 Zweites festes Tiefpassfilter

Patentansprüche

1. Verfahren zum Anpassen von Filtereckfrequenzen (219, 221) beim Übertragen von diskreten Mehrfachtonsymbolen (208) mit den folgenden Schritten:

- a) Anlegen eines aus diskreten Mehrfachtonsymbolen (208) bestehenden Sendesymboldatenstroms (209), der von einer Mehrfachtonsendereinrichtung (223) bereitgestellt wird, an eine Interpolationseinrichtung (214);
- b) Interpolieren des Sendesymboldatenstroms (209) mit einer Symbolrate (120) in der Interpolationseinrichtung (214), um einen interpolierten Symboldatenstrom (215) bereitzustellen;
- c) Tiefpassfiltern des interpolierten Symboldatenstroms (215) in einer ersten Tiefpassfilterungseinrichtung (216) entsprechend einer von einer ersten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung (218) vorgegebenen ersten Filtereckfrequenz (219), um einen gefilterten Symboldatenstrom (217) bereitzustellen;
- d) Umsetzen des gefilterten Symboldatenstroms (217) in einen analogen Datenstrom (101) in einem Digital-Analog-Umsetzer (204);
- e) Übertragen des analogen Datenstroms (101) über einen Übertragungskanal (102);
- f) Umsetzen des übertragenen analogen Datenstroms (101') in einen digitalen Symboldatenstrom (103) in einem Analog-Digital-Umsetzer (104);
- g) Tiefpassfiltern des digitalen Symboldatenstroms (103) in einer zweiten Tiefpassfilterungseinrichtung (105) entsprechend einer von einer zweiten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung (220) vorgegebenen zweiten Filtereckfrequenz (221), um einen entzerrten Symboldatenstrom (106) bereitzustellen;
- h) Dezimieren des entzerrten Symboldatenstroms (106) in einer Dezimationseinrichtung (107), um einen dezimierten, aus diskreten Mehrfachtonsymbolen (208) bestehenden Empfangssymbolda-

tenstrom (109) bereitzustellen; und

i) Abgeben des Empfangssymboldatenstroms (109) an eine Mehrfachtonempfängereinrichtung (222).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Tiefpassfiltern des interpolierten Symboldatenstroms (215) in der ersten Tiefpassfilterungseinrichtung (216) die von der ersten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung (218) vorgegebene erste Filtereckfrequenz (219) variabel eingestellt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Tiefpassfiltern des interpolierten Symboldatenstroms (215) in der ersten Tiefpassfilterungseinrichtung (216) die von der ersten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung (218) vorgegebene erste Filtereckfrequenz (219) entsprechend dem zu übertragenden Mehrfachtonsymbol (208) adaptiv eingestellt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Tiefpassfiltern des digitalen Symboldatenstroms (103) in der zweiten Tiefpassfilterungseinrichtung (105) die von der zweiten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung (220) vorgegebene zweite Filtereckfrequenz (221) variabel eingestellt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Tiefpassfiltern des digitalen Symboldatenstroms (103) in der zweiten Tiefpassfilterungseinrichtung (105) die von der zweiten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung (220) vorgegebene zweite Filtereckfrequenz (221) adaptiv eingestellt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Umsetzen des gefilterten Symboldatenstroms (217) in den analogen Datenstrom (101) in dem Digital-Analog-Umsetzer (204) der gefilterte Symboldatenstrom (217) mit einer Abtastrate (210) überabgetastet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Umsetzen des übertragenen analogen Datenstroms (101') in den digitalen Symboldatenstrom (103) in dem Analog-Digital-Umsetzer (104) der übertragene analoge Datenstrom (101') mit einer Abtastrate (108) überabgetastet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Filtereckfrequenz (219) der ersten Tiefpassfilterungseinrichtung (216) während eines zyklischen Präfix (212) eines DMT-Symbols (208) verändert wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Filtereckfrequenz (221) der zweiten Tiefpassfilterungseinrichtung (105) während des zyklischen Präfix (212) verändert wird.
10. Schaltungsanordnung zur Anpassung von Filtereckfrequenzen (219, 221) bei einer Übertragung von diskreten Mehrfachtonsymbolen (208), bei der Einschwingvorgänge verringert sind, mit:
 - a) einer Mehrfachtonsendereinrichtung (223) zur Bereitstellung eines aus diskreten Mehrfachtonsymbolen (208) bestehenden Sendesymboldatenstroms (209);
 - b) einer Interpolationseinrichtung (214) zur Interpolation des aus diskreten Mehrfachtonsymbolen (208) bestehenden Sendesymboldatenstroms (209), um einen interpolierten Symboldatenstrom (215) bereitzustellen;
 - c) einer ersten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung (218) zur Bereitstellung einer ersten Filtereckfrequenz (219);
 - d) einer ersten Tiefpassfilterungseinrichtung (216) zur Tiefpassfilterung des interpolierten Symboldatenstroms (215) entsprechend der von der ersten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung (218) vorgegebenen ersten Filtereckfrequenz (219), um einen gefilterten Symboldatenstrom (217) bereitzustellen;
 - e) einem Digital-Analog-Umsetzer (204) zur Umsetzung des gefilterten Symboldatenstroms (217) in einen analogen Datenstrom (101);
 - f) einem Übertragungskanal (102) zur Übertragung des analogen Datenstroms (101);
 - g) einem Analog-Digital-Umsetzer (104) zur Umsetzung des übertragenen analogen Datenstroms (101') in einen digitalen Symboldatenstrom (103);
 - h) einer zweiten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung (220) zur Bereitstellung einer zweiten Filtereckfrequenz (221);
 - i) einer zweiten Tiefpassfilterungseinrichtung (105) zur Tiefpassfilterung des digitalen Symboldatenstroms (103) entsprechend einer von der zweiten Filtereckfrequenzbestimmungseinrichtung (220) vorgegebenen zweiten Filtereckfrequenz (221), um einen entzerrten Symboldatenstrom (106) bereitzustellen;
 - j) einer Dezimationseinrichtung (107) zur Dezimierung des entzerrten Symboldatenstroms (106), um einen dezimierten, aus diskreten Mehrfachtonsymbolen (208) bestehenden Empfangssymboldatenstrom (109) bereitzustellen; und
 - k) eine Mehrfachtonempfängereinrichtung (222) zur Weiterverarbeitung des Empfangssymboldatenstroms (109).

11. Schaltungsanordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Tiefpassfilterungseinrichtung (216) als eine erste adaptive Filterungseinrichtung ausgebildet ist.
12. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 10 und 11, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Tiefpassfilterungseinrichtung (105) als eine zweite adaptive Filterungseinrichtung ausgebildet ist.
13. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Tiefpassfilterungseinrichtung (216) als eine in der ersten Filtereckfrequenz (219) unprogrammierbare erste Filterungseinrichtung ausgebildet ist.
14. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Tiefpassfilterungseinrichtung (105) als eine in der zweiten Filtereckfrequenz (221) unprogrammierbare zweite Filterungseinrichtung ausgebildet ist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

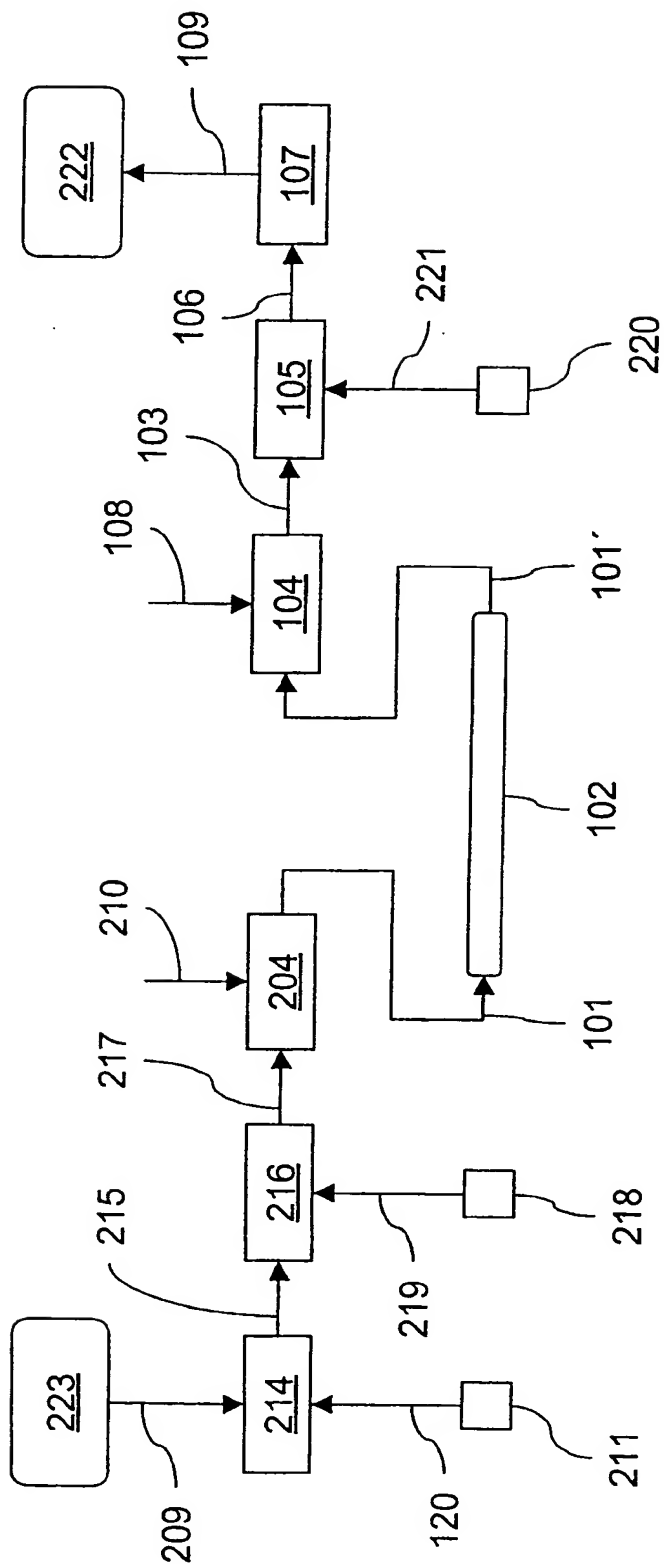


FIG 1

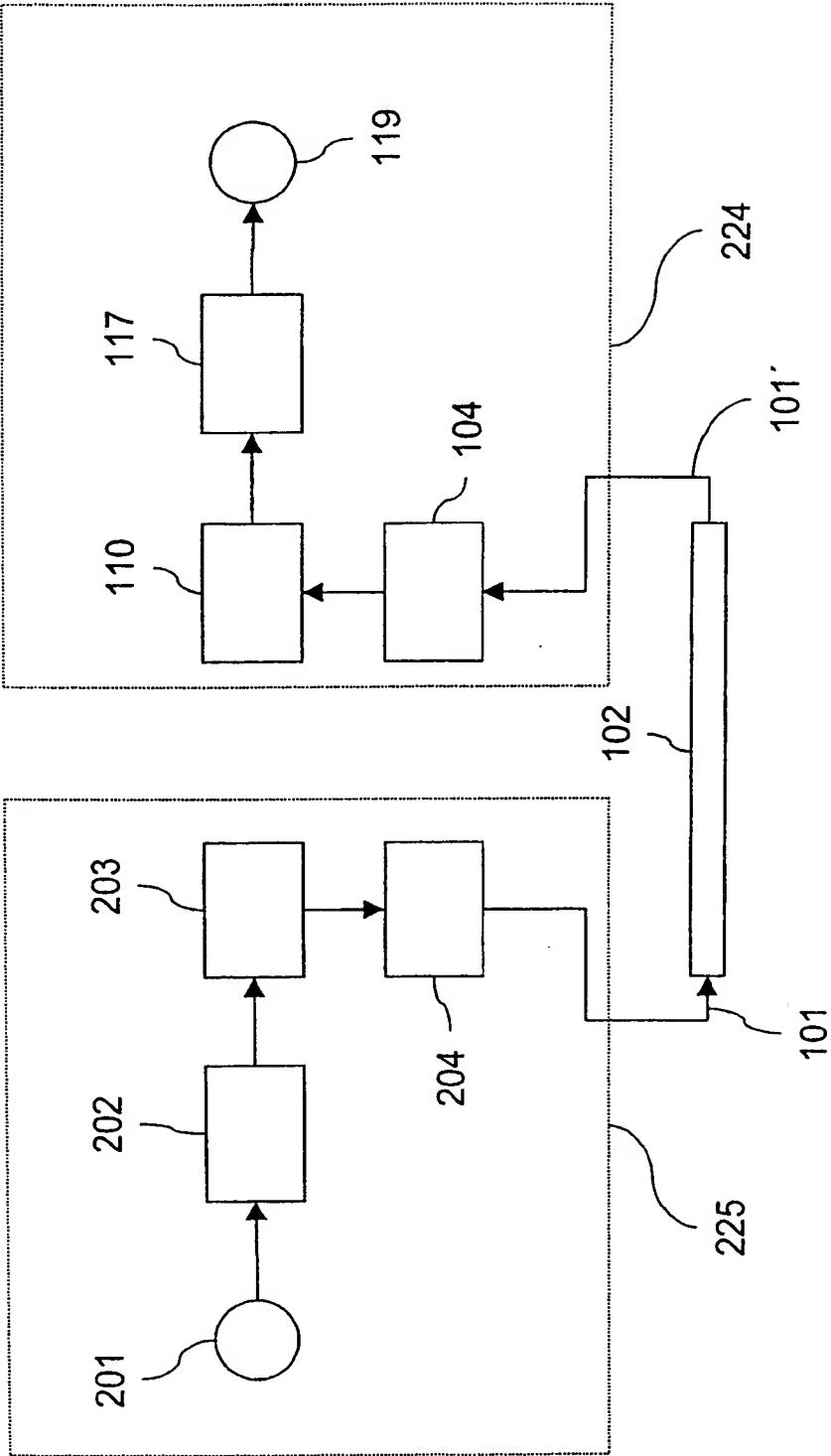


FIG 2a

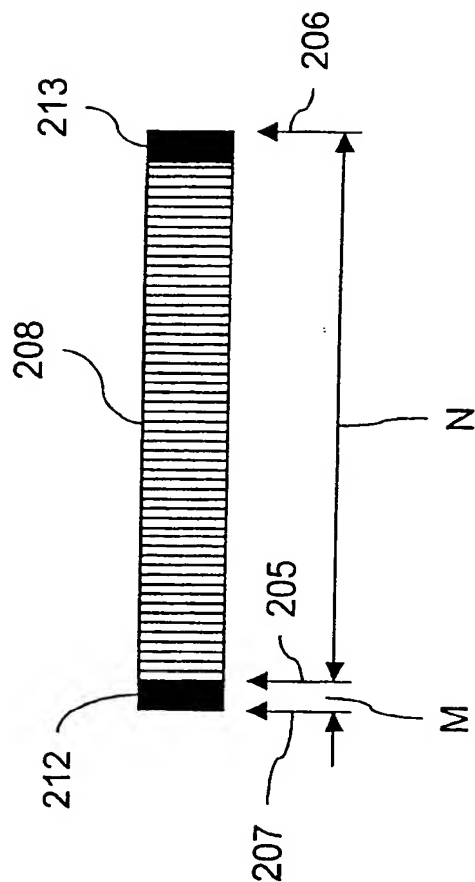


FIG 2b

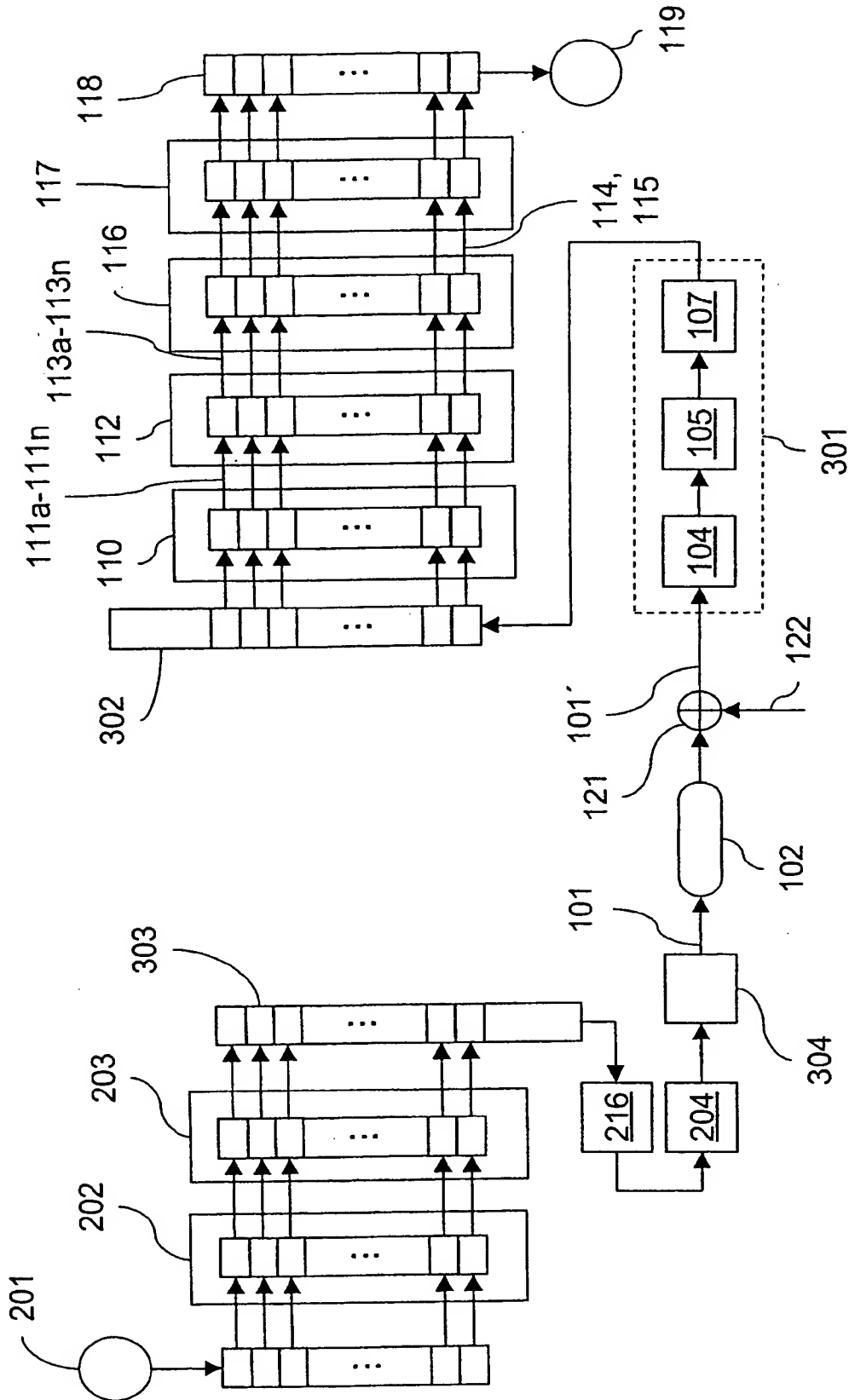


FIG 3

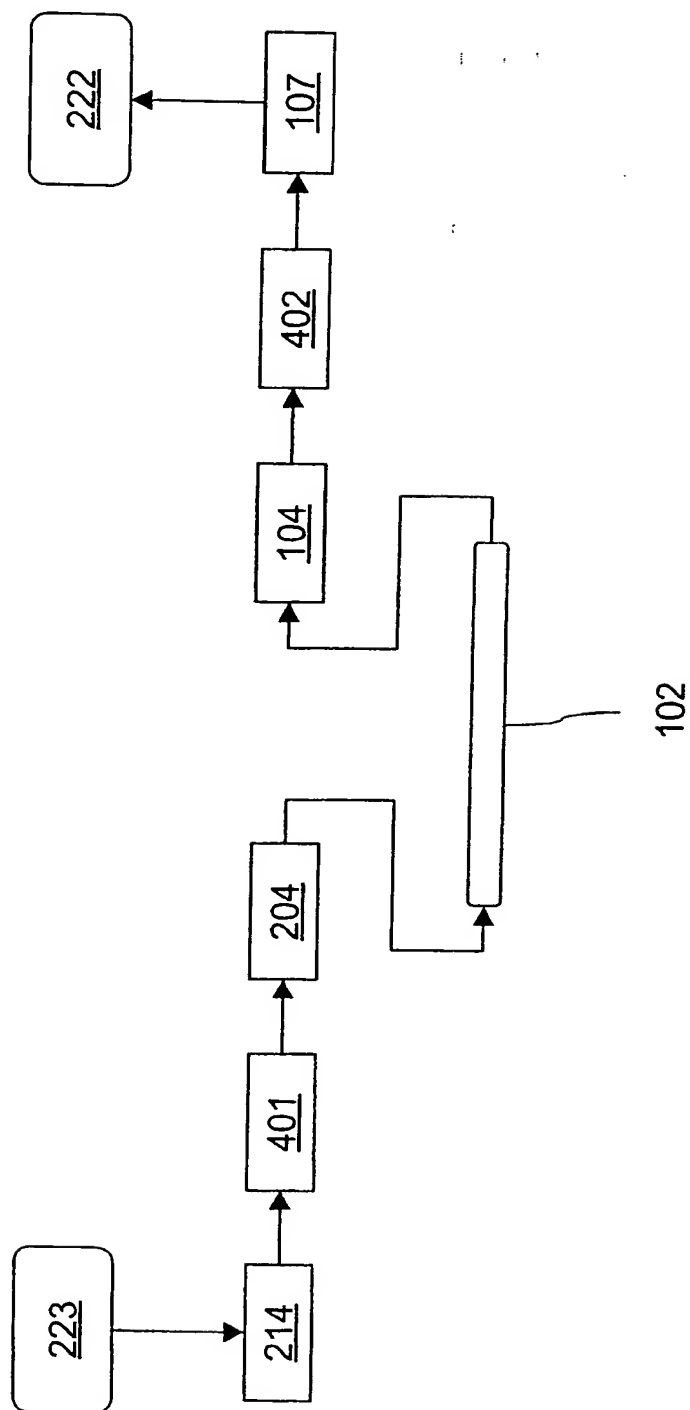


FIG 4
STAND DER TECHNIK